视频后期制作中 HDR 调色画面色彩控制技术

孙 龙
（上海东方传媒技术有限公司，上海 200120）

摘　要：由于目前现有的控制技术视频画面清晰度提升效果不够明显，分辨率较低，本文提出视频后期制作中 HDR 调色画面色彩控制技术。在分析了视频后期制作中 HDR 调色画面色彩控制问题的基础上，设计一套新的控制技术，根据图像像素非线性映射关系计算高动态范围图像信息，进行 HDR 调色画面图像合成；通过色调映射的方式，将 HDR 调色画面动态范围进行等比例缩放；对整体亮度与色彩进行补偿，保证视频图像中的各项信息更清晰地展现。经实验证明，应用此次设计技术视频分辨率远高于传统技术。

关键词：视频后期制作；HDR；调色技术；图像合成；色彩控制技术　　**中图分类号：**TP391　　**文献标识码：**A
文章编号：1671-0134（2021）02-114-03　　**DOI：**10.19483/j.cnki.11-4653/n.2021.02.034
本文著录格式：孙龙．视频后期制作中 HDR 调色画面色彩控制技术 [J]. 中国传媒科技，2021（02）：114-116.

导语

人眼能够有效识别的光亮范围十分广泛，通常情况下在夜视到强光闪范围内，人眼的识别度可高达 10^{10} 量级。而传统数字视频图像当中，其动态范围通常不会超过 100 ：1，并且普通摄像机的识别能力远远达不到人眼的识别范围，进而容易产生视频图像中曝光度过高或过低的现象，影响视频对真实场景的获取能力，进而影响制作者想要表达的实际感受。[1] 视频后期制作中的 HDR 是指高动态光照渲染，是一种能够表现实际场景中某一范围零度变化的具体图像资源。在 HDR 图像当中，像素可以正比于实际场景中相对应的亮度值。通过 HDR 可以将实际场景中的光亮区与昏暗区细节更好地保留。对于色彩较为鲜艳的图像而言，通常需要在视频后期制作过程中将其分别对应 R 通道、G 通道和 B 通道，三个通道进行合成。[2] 目前 HDR 调色画面合成通常采用色调映射算法完成，在控制过程中可能会造成 R、G、B 三个通道的颜色差异被大幅度压缩，造成色彩失真问题产生，严重影响图像的原始效果，并降低图像与实际场景的相似度。针对这一问题，本文开展视频后期制作中 HDR 调色画面色彩控制技术研究。

1. 视频后期制作中 HDR 调色画面色彩控制问题分析

1.1　画面色彩调色原则

对视频后期制作中的 HDR 调色画面进行色彩控制，通常应当按照技术原则与视频艺术原则完成。技术原则是为了保证视频图像的质量达到相应的要求，通过对色彩进行控制，有效弥补在对实际场景进行拍摄时，镜头内部图像与实际场景之间的差异与瑕疵。由于在实际视频拍摄过程中，光线会受到周围环境、时间变化等因素的影响，同时在实际拍摄时，镜头的顺序与拍摄顺序存在不一致的情况。[3] 因此，不同视频在连接的过程中，会出现光比和色温差异较大的问题。同时，不同的摄像机机位之间也会存在一定的光色差异，在后续视频剪辑的过程中，不同的光色差异会造成画面不连续、穿帮等问题。[4] 通过对视频图像进行色彩调节，可以有效改善光比和色彩差异问题。在具体调色过程中，还需要在保证视频图像整体效果的基础上，对不同层次和色调比例关系进行控制与调节，并保证原始图像中间细节关系不破坏，通过小范围的光亮比例修正提升视频图像的整体效果。

1.2　整体调色控制

针对视频后期制作中的 HDR 调色画面，在进行整体调色控制时，应当针对画面中整体的明暗区域走向进行调节，从而保证后续校色工作的顺利进行。通过整体调色控制不仅可以在最大程度上修复视频图像曝光度过高的问题，保持画面中色彩的平衡，同时还能够与制作者的相应诉求相结合，通过更加生动的色彩，诠释画面的整体制作思想。同时，在实际调色过程中，还应配合播放视频的设备基调，适当增加冷、暖色调，提高视频图像的整体色彩情绪。

1.3　局部调色控制

局部调色控制是针对视频后期制作中，HDR 调色画面中，某一视频图像的特殊区域进行色彩控制。在进行控制前，首先应当按照色彩的变化规律，对特定区域进行划分，防止调色影响整个视频图像内容。利用剪辑软件当中的色键与曲线遮罩功能，完成局部调色控制区域的选定。[5] 最终通过色彩控制的效果，与局部区域的调色控制质量有着紧密的联系。当前，大多数调色软件当中均采用 HSL 色键对图像中的相似色调进行选择。在视

频图像实际拍摄时，由于局部颜色会随着光照出现不同深度，因此，在调色控制过程中应当采用更加柔和的色键，对物体的不同明暗处根据需要进行不同的调节。同时，在对具体进行调色控制时，也可选择单键单点或多点累加的方式完成。[6] 通过多种参数调节的相互合作，可以更加精准需求需要进行局部调色的区域。

2. 视频后期制作中 HDR 调色画面色彩控制

2.1 HDR 调色画面图像合成

根据视频图像在拍摄过程中的成像原理得出，在某一特定的场景中，实际亮度值与其对应的视频图像像素之间存在某种非线性映射关系。而这种映射关系要求即为摄像机相应曲线，对该曲线进行标定是对 HDR 调色画面色彩控制的关键。根据标定曲线，得出需要进行色彩控制的 HDR 调色画面对应通道中每个像素点的辐射照度数值，其计算公式为：

$$InE_i = F(Z_{ij}) - In_{\Delta}t_j \quad (1)$$

公式（1）中，InE_i 表示为调色通道中每个像素点的辐射照度数值；Z_{ij} 表示为第 j 个视频图像画面中第 i 个像素点的像素值大小；$F(Z_{ij})$ 表示为平滑曲线目标函数；$_{\Delta}t_j$ 表示为第 j 个视频图像画面中具体曝光持续时间。由于不同视频图像的曝光时间存在较大差异，因此部分像素点在短曝下效果更好，另一部分像素点在长曝下效果更好。[7] 为了保证在 HDR 调色画面中出现更加优质的像素点，需要将 x 长视频图像融合在一起计算每个像素点对应的照度值。因此，本文引入三角帽型权值函数，得出如公式（2）所示辐射照度数值计算公式：

$$InE_i = \frac{\sum_{j=1}^{x} h(z) F(Z_{ij}) - In_{\Delta}t_j}{\sum_{j=1}^{x} h(z)} \quad (2)$$

公式（2）中，$h(z)$ 表示为三角帽型权值函数。根据公式（2）计算出视频图像画面中每个像素点对应的辐射照度值，并由计算得出的数据得到对应实际场景中的高动态范围图像信息，完成 HDR 调色画面图像合成。

2.2 HDR 调色画面色调映射

当前现行的显示设备当中，对视频图像的动态显示范围仅可达到 100 ：1 的比例，即使通过上述操作获取到 HDR 调色画面，依然无法在显示设备当中将其展示。以此，本文通过色调映射的方式，将 HDR 调色画面动态范围进行等比例缩放，使其能够与对应的动态显示设备匹配。[8] 在压缩量度范围时，应当充分利用原始场景中的对比度、亮度、色调等特性。采用全局色调映射的方式，对 HDR 调色画面照度值进行压缩，得到相应灰度值的图像，其过程可以用如下公式表示：

$$D(E) = (D_{max} - D_{min}) \times \frac{\log(E+\tau)}{\log(E_{max}+\tau)} \quad (3)$$

公式（3）中，$D(E)$ 表示为 HDR 调色画面压缩后灰度值大小；D_{max} 表示为灰度最大值；D_{min} 表示为灰度最小值；E_{max} 表示为实际场景的照度最大值；τ 表示为偏移量。通常情况下，通过手动控制偏移量 τ 可以看作是一个反复试错的过程。因此，为了降低手动操作造成的误差，并在一定程度上节约控制时间，需要结合一种算法对偏移量 τ 进行自动控制。图 1 为 HDR 调色画面 RGB 三通道响应曲线。

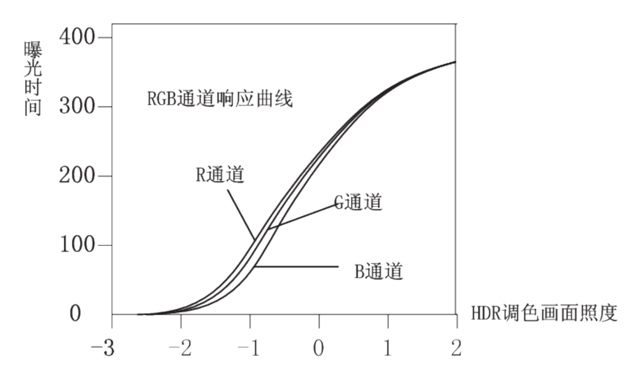


图 1　HDR 调色画面 RGB 三通道响应曲线

由图 1 中三条 RGB 三通道响应曲线可以得出，实际场景照度的平均值，但在实际应用中，场景内的照度值可能存在为零的现象。因此，在对其进行计算时可能无效。为了尽可能避免上述问题发生，将偏移量设置为最优取值，即 τ =0.001。通过偏移量的调节，控制 HDR 调色画面色调映射过程。

2.3 HDR 调色画面亮度与色彩补偿控制

完成对 HDR 调色画面色调映射过程控制后，为保证视频图像中的各项信息更清晰地展现，还需要对画面的整体亮度与色彩进行补偿。本文利用视频后期制作软件，通过其相应的亮度曲线、色阶等命令执行完成，根据视频图像制作者对其画面的相应要求，对画面进行亮度、色阶、曝光度、饱和度、色彩平衡等重新进行补偿调节。[9] 通过对画面色彩平衡度进行调节，将画面色偏校正。当完成色彩控制后的视频图像中，仍然出现饱和过度或饱和不足的现象时，通过影视后期制作软件中的色彩调节曲线、色阶等功能对其进行二次色彩控制。通过软件中的色彩平衡功能，针对视频图像中单个色彩进行变化。

由于在实际操作过程中，对单个色彩变换会同时影响到周围色彩发生改变。[10] 因此，在实际操作过程中，应当在补偿时，遵循以下几点要求：第一，当视频图像色彩控制完毕后，仍然存在的偏色问题通常不会只局限在画面中的某一个颜色上。因此，当画面一旦出现偏色现象时，往往会波及视频图像中的所有画面，因此在校正过程中应当从画面的整体角度考虑。第二，在利用视频后期制作软件校正画面色彩时，应当采用中性灰色完成，通常情况下，中性灰色是弥补色偏现象最有效的手段。第三，在选择中性灰色校正时，色彩控制应当时刻注意人眼视觉所感受到的色彩。图像中其他色彩发生改变会影响人眼对灰色的视觉感受发生改变，因此当出现这种问题时应利用颜色面板对话框中的吸管工具对颜色的色值进行精准的读取。最后，在对画面亮度与色彩进行补偿时，应当尽可能选择该颜色对应的补偿颜色。

3. 对比实验

实验选取五个视频作为实验对象，每个视频长度均为 10min，视频原始分辨率分别为 320×240 ppi、480×240 ppi、800×600 ppi、1152×768 ppi、1400×1200 ppi，利用此次设计技术与传统技术对该五个视频进行 hdr 调试画面色彩控制。实验中两种控制技术均选用 Windows2008 操作系统上操作，记录视频后期制作过程中色彩控制后，视频的分辨率，实验以控制后视频的分辨率作为实验结果，分辨率表示视频的清晰度，分辨率越高表示控制后视频画面越清晰，分辨率越低则表示控制后视频画面清晰度越低，通过对比两种控制技术应用后视频分辨率，分析两种控制技术的适用性和有效性，实验结果如下表所示。

表 1　两种控制技术应用后视频分辨率变化对比（ppi）

视频序号	控制前视频分辨率	设计技术	传统技术
1	320×240	640×480	400×320
2	480×240	1024×800	650×480
3	800×600	1600×1200	1020×960
4	1152×768	2048×1536	1200×1050
5	1400×1200	2304×1728	1600×1536

从上表中可以得知，利用此次设计技术，视频分辨率有了明显地提升，并且分辨率提升值远远大于传统技术，控制后视频的分辨率远超过传统控制技术，证明此次设计的 hdr 调色画面色彩控制技术可以有效提高视频的清晰度，相比较传统技术更适用于视频后期制作中 HDR 调色画面色彩控制，具有良好的控制效果。

结语

此次对视频后期制作中 HDR 调色画面色彩控制技术进行了研究，针对传统技术存在的不足设计了一个新的控制技术，并利用实验论证了该技术具有较高的可靠性和可行性，对提高视频画面色彩分辨率和清晰度，有效把控视频画质具有重要作用，同时也为视频后期制作中 HDR 调色画面色彩控制提供了参考依据。此次研究虽然取得了一定的研究成果，但是个人能力有限，提出的控制技术仍在某些方面存在一些不足之处，今后还需要在该方面进行进一步探究，促进视频后期制作技术发展。媒

参考文献

[1] 秦晟杰 . 4K 时代达芬奇调色系统在电视节目后期制作中的应用 [J]. 现代电视技术，2019（12）：116-121+124.

[2] 李霆 . 浅析 4K HDR 技术的实现方法——以广东卫视 2019 春晚为例 [J]. 技术与市场，2020，27（01）：84-86.

[3] 吴蔚琦，袁佳颖，祝嘉禧 . 4K 专题纪录片拍摄、制作、调色与下变换播出——《浦东传奇》前后期流程与技术细节 [J]. 影视制作，2020，26（02）：22-29.

[4] 刘钊 . 超高清技术发展及国产 4K 后期制作设备对比分析 [J]. 现代电视技术，2019（04）：138-142.

[5] 贾裕之 . 论 4K HDR 超高清测试图像的设计制作及技术特性 [J]. 现代电视技术，2019（05）：74-80.

[6] 蔡一旻 . HDR 多帧合成技术在影视拍摄和制作中的应用研究 [J]. 传播力研究，2019，3（17）：5-6.

[7] 罗映辉 . SDR 节目上变换到 HDR 的创新实践 [J]. 广播与电视技术，2019，46（07）：50-54.

[8] 俞宏伟 . HDR 多帧合成技术在影视拍摄和画面制作中的应用 [J]. 科技传播，2019，11（15）：104-105.

[9] 郑晓发，朱宏宣 . 基于 ACES 的 HDR 后期制作方案的研究与实现 [J]. 现代电影技术，2019（10）：4-8.

[10] 周立 . 中央广播电视总台 4K 超高清制播技术规范与 HDR 及下变换 SDR 制作流程的测试与研究——访中央电视台技术管理中心质量管理部副主任李岩、中央电视台播出传送中心转播部刘斌 [J]. 现代电视技术，2019(10)：64-66.

作者简介：孙龙（1991-），男，山东省临沂市，广播电视专业硕士研究生，上海东方传媒技术有限公司调色师，研究方向：广播电视、影视后期技术。

（责任编辑：胡杨）